Der Einfluß eines Ueberlaufpolders auf die Hochwasserstände des Flußlaufes.

Von der Technischen Hochschule zu Breslau
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte Dissertation

Vorgelegt von Dipl.-Ing. **Edward Panzer** aus **Schweidnitz**

Referent: Prof. A. Wechmann
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. K. Beger

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Juli 1933.

Druck der Bergland-Gesellschaft für Volksbildung m. b. H. in Schweidnitz.

Inhaltsübersicht.

Einleitung	Seite	3
Allgemeines	„	5
Untersuchung I (Voruntersuchung)	„	6
Untersuchung II (Hauptuntersuchung)	„	8
Untersuchung III (Einlaßschleuse)	„	11
Untersuchung IV (Unten offener Polder)	„	12
Ergebnis	„	14
Lebenslauf	„	15
Zeichnungen		

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Einleitung.

Eine der großen Aufgaben des Flußbaues ist die, durch Regelung und Ausbau der Flußläufe den anliegenden Ländereien einen Schutz gegen Hochwasser zu schaffen. Um die hierfür notwendigen Maßnahmen zweckentsprechend treffen zu können, ist zunächst eine genaue und umfangreiche Kenntnis der auftretenden Hochwasser erforderlich, die durch regelmäßige Auftragungen der Pegelstände an möglichst vielen Stellen des Flußlaufes gewonnen wird. Bei der Gegenüberstellung der so gewonnenen Pegelkurven läßt sich eine gewisse Periodizität der Hochwasser erkennen. So treten z. B. bei den allermeisten deutschen Flüssen des Flachlandes regelmäßige Sommer- und Winterhochwasser auf.

Bei der Aufgabe, die Regelung eines Flußlaufes im Rahmen der größten Wirtschaftlichkeit durchzuführen, tritt nach dem Studium der vorhandenen Unterlagen, wie Pegelauftragungen, Gegenüberstellungen der Hochwasserlinien verschiedener Jahresreihen usw., zuerst die Frage auf, gegen welche Hochwasser das dem Flußlauf anliegende Gelände geschützt werden soll. Von Seiten des Anliegers aus betrachtet, ist es erwünscht, daß das Gelände gegen die Auswirkung der größten überhaupt auftretenden Hochwasser geschützt wird. Diesem Wunsche steht jedoch häufig die Rücksicht auf den allgemeinen Hochwasserschutz entgegen, sei es, daß bei hochwasserfreier Eindeichung der Abfluß des Hochwassers gehemmt wird und Aufspeicherungsraum verloren geht, wodurch Schäden sowohl für die Oberlieger wie für die Unterlieger entstehen, oder daß bei allzu großer Einengung des Hochwasserquerschnittes durch Deiche die Wassergeschwindigkeit in unzulässiger Weise erhöht und dadurch die Bildung von Ausrissen im Vorlande und von Abbrüchen an den Ufern und den Deichen begünstigt wird.

Die Auswahl des hochwasserfrei einzudeichenden Geländes muß daher mit besonderer Sorgfalt erfolgen, einer Sorgfalt, die früher meist nicht angewandt wurde. Die Folgen solcher „wilden" Eindeichungen sind nicht ausgeblieben, besonders dann, wenn zu der unzweckmäßigen Anlage der Deiche noch ihre mangelhafte Unterhaltung kam. An der Oder sind z. B. bei dem Hochwasser des Jahres 1903 im ganzen 16 Hauptdeiche und fast sämtliche Privatdeiche gebrochen. 900 qkm eingedeichtes Gelände wurde dadurch unter Wasser gesetzt und allein in Schlesien ein Schaden angerichtet, der auf 10 Millionen Mark bewertet wurde.

Die Folge dieses Hochwassers war, daß Erwägungen über die planmäßige Ausgestaltung des Hochwasserschutzes an der Oder angestellt wurden, die dann in dem „Gesetz betr. Maßnahmen zur Verhütung von Hochwassergefahren an der oberen und mittleren Oder" vom 12. August 1905 (G. S. S. 335), das kurz mit „Odergesetz" bezeichnet wird, ihren Niederschlag fanden. In der dem Gesetzentwurf beigegebenen Denkschrift sind die Maßnahmen bezeichnet, die als geeignet zur Erzielung eines möglichst umfangreichen Hochwasserschutzes angesehen werden. Hierzu gehören:

1) die Nieder- oder Tieferlegung von hochwasserfreien Deichen zur Schaffung natürlicher, den Hochwasserstrom entlastender Staugebiete (Ueberlaufpolder),
2) die Verhütung der Erhöhung bisher nicht hochwasserfreier Deiche in Verbindung mit der Herstellung von Ueberläufen und Auslässen.

Beide Maßnahmen verfolgen den gleichen Zweck: Das einzudeichende Gebiet soll so weit gegen Hochwasser geschützt werden, wie es mit Rücksicht auf den allgemeinen Hochwasserschutz möglich ist. Gleichzeitig wird erreicht, daß bei Eintritt eines höheren Hochwassers noch Aufspeicherungsraum frei ist, sodaß auch in dieser Beziehung ein weiterer Schutz gewährt wird.

Die Erörterungen in der vorliegenden Arbeit beziehen sich auf die oben unter Ziff. 1) bezeichneten Anlagen, also auf die Ueberlaufpolder im engeren Sinne. Ihre Lage ist so zu bestimmen, daß sie möglichst nahe oberhalb der Stelle liegen, die geschützt werden soll; denn ebenso wie bei Talsperren nimmt natürlich ihre Wirkung mit der Entfernung ab. Die Auswahl unter passenden Stellen ist daher meist nur gering. Unter diesen Umständen ist es nicht zu vermeiden, daß auch einmal landwirtschaftlich wertvolles Gelände dem Hochwasser preisgegeben werden muß.

Die Bewirtschaftung der Ueberlaufpolder ist insofern Beschränkungen unterworfen, als im allgemeinen nur Grünlandwirtschaft getrieben werden soll, weil diese gegen Hochwasserschäden weniger empfindlich ist als Ackerwirtschaft. Die größten Hochwässer der Oder sind nämlich nicht eine Folge der Schneeschmelze, sondern eine Folge von starken Regenfällen im Quellgebiet der Oder selbst oder ihrer linken, von den Sudeten herkommenden Nebenflüssen. Sie treten daher im Sommer und Herbst auf, richten also gewöhnlich schwere landwirtschaftliche Schäden an. Der Ausdruck „Sommerdeich" als Bezeichnung eines nicht hochwasserfreien Deiches ist daher an der Oder eigentlich unrichtig, doch ist diese Bezeichnung auch hier üblich.

Die baulichen Anlagen eines Ueberlaufpolders sind folgende:

Ein oberer Ueberlauf, ein unterer Ueberlauf und ein Auslaßsiel, g. F. auch noch ein hochwasserfreier Deich als landseitiger Abschluß, wenn die Begrenzung nicht durch das hochwasserfreie Gelände gebildet werden kann. Einige der ausgeführten Ueberlaufpolder haben ferner eine Einlaßschleuse, deren Sohle auf Geländehöhe liegt, und die den Zweck hat, die Wirkung des oberen Ueberlaufes zu unterstützen und ein Einlassen von weniger hohen Hochwässern in die Niederung zur landwirtschaftlichen Bewässerung zu ermöglichen. Oberer und unterer Ueberlauf liegen in der gleichen, durch den Einzelfall bedingten Gefällslinie des Stromes.

Hat ein Hochwasser die Höhe des oberen Ueberlaufes erreicht, so strömt ein Teil der Wassermenge über den oberen und bei weiterem Steigen ein weiterer Teil über den unteren Ueberlauf in den Polder ein, bis dieser bis zur Ueberfallkrone gefüllt ist. Bis zu diesem Zeitpunkte wirken die Ueberläufe als Ueberfallwehre, g. F. auch als Streichwehre.

Bei weiterem Steigen des Wassers wirken die Ueberfälle als Grundwehre weiter, wobei der Fall eintreten kann, daß das Hochwasser über den oberen Ueberlauf einströmt und über den unteren ausströmt, ein Fall, der bei Absinken des Wassers im Strom gewöhnlich eintreten wird. Ist dann der Wasserstand im Strom bis zur Höhe der Ueberlaufkronen wieder abgefallen, so muß der Rest des noch im Polder verbliebenen Wassers durch ein an der tiefsten Stelle anzulegendes Auslaßsiel entfernt werden.

Die Wirkungsweise der Ueberlaufpolder ist bisher nur in ganz überschläglicher Form bestimmt worden. Der Zweck der nachstehenden Ausführungen ist, zu zeigen, in welcher Weise die Wirkung eines Ueberlaufpolders auf den Abflußvorgang im Strom genauer errechnet werden kann. Das gewählte Beispiel ermöglicht es, die Berechnung auch für alle anderen vorkommenden Fälle entsprechend aufzustellen.

Allgemeines.

Die der Behandlung zu Grunde liegenden Voraussetzungen sind nachstehend nochmals zusammengefaßt:

An einen Flußlauf wird auf der rechten Seite ein Ueberlaufpolder angeschlossen. Der Ueberlaufpolder wird durch eine muldenförmige Geländevertiefung gebildet und ist, soweit er nicht durch hochwasserfreies Gelände begrenzt wird, durch einen Polderdeich gegen das Hinterland abgeschlossen. Der Polderdeich schließt an den rechtsseitigen Flußdeich an.

Das Fassungsvermögen des Polders wird bei den einzelnen Untersuchungen verschieden angenommen und ist jeweils an den entsprechenden Stellen besonders erläutert. Die Verbindung zwischen Flußlauf und Polder geschieht durch einen oberen und einen unteren Hochwasserüberlauf, ferner durch eine Einlaßschleuse am oberen Ueberlauf und durch eine Auslaßschleuse am unteren Ueberlauf. Die Kronen der Hochwasserüberläufe liegen in einer Geraden parallel zur Flußsohle und 60 Zentimeter unter der Deichkrone. Die Kronen der Flußdeiche liegen hochwasserfrei, d. h. 0,60 bis 1,00 m über H. H. W. (s. Abb. 1 und 2).

Ueber die Einlaßschleuse am oberen Ueberlauf sind nähere Angaben bei der Untersuchung III gemacht.

Für den Flußlauf ist der Querschnitt gegeben und die dazugehörige Leistungskurve (s. Abb. 3). Der Querschnitt und das Gefälle sollen auf der ganzen behandelten Flußstrecke gleich bleiben.

Die Länge der Ueberläufe wird nach der größten Wassermenge bestimmt, die während des Hochwassers von dem Polder aufgenommen werden soll. Für die angestellten Untersuchungen ist sie zu 20 m für den oberen und zu 40 m für den unteren Ueberlauf ermittelt.

Nach welcher Weise die während des Hochwassers über die Ueberläufe strömende Fließmenge berechnet wird, hängt von dem einzelnen Fall ab. Es sei hierbei auf die Formel von Prof. Engels für ein Streichwehr

$$Q = \frac{2}{3}\mu \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt[3]{l^{2,5} \cdot h^{5,0}}$$

verwiesen (H. Engels, Handbuch des Wasserbaues). Diese Formel gilt aber nur für freien Ueberfall. Wenn der Wasserstand im Polder bereits die Ueberlaufkrone überschritten hat, und es strömt immer noch Wasser vom Flußlauf in den Polder, so ist man auf die gewöhnliche Grundwehrformel angewiesen. Bei dem gewählten Beispiel ist die Berechnung mit Hilfe der Formel für den freien Ueberfall und mit Hilfe der Formel für das Grundwehr durchgeführt. Für den freien Ueberfall gilt die Formel:

$$Q = \frac{2}{3}\ \mu_1 \cdot l \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

und für das Grundwehr:

$$Q = \frac{2}{3}\ \mu_1 \cdot l \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}} + \mu_2 \cdot a \cdot l \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{1}{2}}$$

wobei $\mu_1 = 0{,}68$

Q = die über den Ueberlauf überströmende Fließmenge in m³/sek.

$\mu_2 = 0{,}62$

l = Ueberlauflänge in m

h u. a = Wasserstrahlstärken in m (s. Abb. 4 und 11 a und b)

g = Erdbeschleunigung = 9,81 m/sek²

ist.

Die genannten Formeln weichen nicht im Prinzip, sondern nur in der Größe der Fließmenge voneinander ab. Die Leistungskurven der beiden Ueberläufe nach der Formel für den freien Ueberfall sind in Abb. 4 aufgetragen.

Gegeben ist ferner eine Hochwasserkurve, später einfach Pegelkurve genannt, die nach den Aufzeichnungen eines Pegels P im Flußlauf oberhalb des Ueberlaufpolders aufgetragen ist. Der Flußlauf soll auf der behandelten Strecke keinen weiteren Zu- oder Abfluß erhalten, sodaß die Hochwasserkurve auf der ganzen Flußstrecke in der gleichen Form Geltung hat. Da die Flußdeiche hochwasserfrei liegen, findet ein Ueberströmen derselben nicht statt, wohl aber treten die Hochwasserüberläufe in Tätigkeit. Der Pegel P soll die ursprüngliche, also unbeeinflußte Hochwasserlinie anzeigen. Er muß daher einerseits möglichst nahe am oberen Ueberlauf liegen, andererseits aber so weit von ihm entfernt sein, daß keine Beeinflussung der Wasserstände durch die Tätigkeit der Ueberläufe eintritt (s. Abb. 2).

Zur Beobachtung der Einwirkung des oberen Ueberlaufes auf die Wasserstände ist unterhalb des oberen Ueberlaufes ein zwei-

ter Pegel P' im Flußlauf angeordnet. Die Stelle dieses Pegels ist so zu wählen, daß an ihm die Wasserstände abgelesen werden können, die nach der Einwirkung des oberen Ueberlaufes im Flußlauf auftreten. Eine Beeinflussung dieses Pegels durch die Tätigkeit des unteren Ueberlaufes soll nicht stattfinden. Unterhalb des unteren Ueberlaufes ist ein dritter Pegel P" anzuordnen, der die Wasserstände anzeigt, die sich im Flußlauf durch die Tätigkeit der beiden Ueberläufe ergeben. Im Polder ist ferner noch ein Pegel P_P angebracht.

Bei den vorliegenden Verhältnissen, Regelmäßigkeit der Flußquerschnitte usw., wird sich eine Hochwasserkurve parallel dem Sohlengefälle im Flußlauf verschieben. Als Nullpunkte der einzelnen Pegel werden jeweilig die Ueberlaufkronen, wie dieses aus den Zeichnungen hervorgeht, gewählt.

Die Untersuchungen werden eingeteilt in:
Untersuchung I (Voruntersuchung)
Untersuchung II (Hauptuntersuchung)
Untersuchung III (Einlaßschleuse)
Untersuchung IV (unten offener Polder).

Bei den Untersuchungen I und II wird die Tätigkeit einer Einlaßschleuse außer Acht gelassen. Diese wird in der Untersuchung III behandelt. Nach dem Superpositionsgesetz lassen sich dann die Ergebnisse aller Untersuchungen leicht vereinigen.

Untersuchung I.

Bei der Untersuchung I wird der Fall angenommen, daß alles Wasser, das während der Zeit des Hochwassers über den oberen und den unteren Ueberlauf in den Polder einströmt, von diesem vollständig aufgenommen wird, ohne daß der Wasserspiegel im Polder die Höhe der unteren Ueberlaufkrone überschreitet. Diese Untersuchung ist in Abb. 5 durchgeführt.

In Abb. 5 ist die Hochwasserkurve, wie sie am Pegel P vom 1. bis 28. November 19 . . abgelesen ist, aufgetragen. Eine Tätigkeit der Ueberläufe tritt also nach dem Ueberschreiten der Ueberlaufkrone vom 3. bis zum 15. November, d. h. zwischen den Punkten A und B, ein. Am 3. November beträgt die über den Ueberlauf fließende Strahlstärke, entnommen aus der P-Linie, 0,12 m. Bei dieser Strahlstärke fließt eine Abflußmenge von 1,8 m³/sek. (s. Abb. 4, Kurve l_1 = 20 m) über den oberen Ueberlauf in den Polder. Die Abflußmengen, die bei den einzelnen Strahlstärken der P-Linie über den oberen Ueberlauf, entnommen aus der Kurve l_1 der Abb. 4, in den Polder strömen, sind als Ordinaten an den entsprechenden Tagen von einer Horizontalen aus nach oben aufgetragen. Die Verbindungslinie dieser Ordinaten ergibt die Q_{l_1}-Linie.

Die zu der Pegellinie P gehörige Abflußmengenlinie (Q-Linie) ist mit Hilfe der Leistungskurve des Flußquerschnittes (s. Abb. 3) in der üblichen Weise aufgetragen.

Die Ordinaten der Q-Linie und der Q_{l_1}-Linie haben die Dimension m³/sek. Die Ordinaten der Q-Linie geben also die Abflußmenge an, die zu den jeweiligen Zeitpunkten im Flußlauf fließt. Die Ordinaten der Q_{l_1}-Linie geben dagegen diejenige Abflußmenge an, die von dem im Flußlauf fließenden Wasser an den gleichen Zeitpunkten dem Polder zugeführt wird, also von der Q-Linie abgenommen wird. Werden daher die Ordinaten der Q_{l_1}-Linie von den entsprechenden Ordinaten der Q-Linie abgezogen, so entsteht eine neue Abflußmengenlinie, die Q'-Linie. Die Ordinaten dieser Q'-Linie stellen demnach diejenigen Abflußmengen in m³/sek. dar, die an den einzelnen Tagen unterhalb des oberen Ueberlaufes im Flußlauf weiterfließen. Wird nun für die Q'-Linie mit Hilfe der Leistungskurve des Flußquerschnittes (s. Abb. 3) die dazugehörige Pegellinie P' rückläufig konstruiert, so zeigt diese die Pegelstände an, die infolge des Abfließens der Hochwassermengen über den oberen Ueberlauf an den betreffenden Tagen unterhalb des oberen Ueberlaufes, d. h. also am Pegel P' (s. Abb. 2) auftreten. Der Unterschied zwischen der Pegellinie P und der Pegellinie P' gibt daher die Absenkung an, die die Pegellinie P durch die Tätigkeit des oberen Ueberlaufes erfährt.

Nachdem der obere Hochwasserüberlauf die Pegellinie P zur Pegellinie P' abgeflacht hat, verursacht der untere Ueberlauf eine weitere Absenkung der Pegellinie P' zur Pegellinie P". In Abb. 5 ist diese weitere Absenkung durch den unteren Ueberlauf zwischen den Punkten A und B nach demselben Verfahren wie bei dem oberen Ueberlauf durchgeführt. Die Abflußmengen, die infolge der Strahlstärken der P'-Linie über den unteren Ueberlauf in den Polder einströmen, sind wieder aus Abb. 4 Kurve l_2 = 40 m) ermittelt und von der Q_{l_1}-Linie aus nach oben aufgetragen. Ihre Verbindungslinie ergibt die $Q_{l_1} + l_2$-Linie. Die neu ermittelten Ordinaten der $Q_{l_1} + l_2$-Linie gemessen von der Q_{l_1}-Linie ab, werden jetzt von den Ordinaten der Q'-Linie abgezogen.

Hierdurch entsteht die Q''-Linie. Zu dieser wird wieder rückläufig die Pegellinie P'' konstruiert. Diese Pegellinie gibt demnach die Wasserstände an, die am Pegel P'', also unterhalb des unteren Ueberlaufes, infolge der Tätigkeit des unteren und des oberen Ueberlaufes auftreten.

In Abb. 5 sind ferner noch zwei Summenlinien gezeichnet. Die Ordinaten der ΣQl_1-Linie geben die Wassermenge in m^3 an, die bis zu dem betr. Tage infolge der Tätigkeit des Ueberlaufes 1 (oberer) in den Polder eingeströmt ist, und die Ordinaten der $\Sigma Ql_1 + l_2$-Linie die Wassermenge in m^3, die bis zu dem betr. Tage infolge der Tätigkeit beider Ueberläufe in den Polder eingeströmt ist, an.

Die Pegellinien P' und P'' sind abgeleitete Funktionen der Pegellinie P. Wenn die Leistungskurve des Flußquerschnittes und die Leistungskurven der Ueberläufe gegeben sind, und gleichzeitig wie bei der behandelten Untersuchung I die Voraussetzung besteht, daß alles Wasser, das während des Hochwassers in den Polder einströmt, von diesem aufgenommen wird, ohne daß der Wasserspiegel im Polder die Höhe der unteren Ueberlaufkrone übersteigt, so muß es möglich sein, die Untersuchung I ganz allgemein, d. h. ohne Zugrundelegung eines bestimmten Hochwassers, durchzuführen.

In Abb. 6 ist der obere Ast der Leistungskurve des Flußlaufes der Abb. 3 in vergrößertem Maßstabe aufgetragen. Da von den Ordinaten der Q-Linie (Abb. 5) die Ordinaten der Ql_1-Linie bezw. $Ql_1 + l_2$-Linie abgezogen werden und beide der genannten Ordinaten zu einer ganz bestimmten Strahlstärke der P-Linie gehören, läßt sich das in Abb. 5 angewandte Verfahren noch folgendermaßen vereinfachen.

Von den Abszissen der Leistungskurve des Flußlaufes (Abb. 6) werden die Abszissen der Leistungskurven des oberen und des unteren Ueberlaufes abgezogen. Die Leistungskurve des Flußquerschnittes erhält dadurch statt einen drei Aeste, wovon der rechte zur Q-Linie, der mittlere zur Q'-Linie und der linke zur Q''-Linie der Abb. 5 gehört, sodaß sich die letztgenannten Linien nunmehr unmittelbar aus Abb. 6 konstruieren lassen. Dadurch liegen aber auch die Absenkungen, die die P-Linie durch die Tätigkeit des oberen und des unteren Ueberlaufes erfährt, fest. Auch diese lassen sich unmittelbar aus der Abb. 6 ablesen.

Um festzustellen, bis zu welcher Höhe ein Punkt der P-Linie infolge der Tätigkeit des oberen Ueberlaufes abgesenkt wird, ist der in Abb. 6 mit einem Pfeil versehene Linienzug zu verfolgen. Man geht von dem Punkte der P-Linie, dessen Absenkung man erfahren will, horizontal bis zu dem mittleren Ast der Leistungskurve herüber und von dort senkrecht herunter, bis man auf den rechten Zweig, also die ursprüngliche Leistungskurve trifft. Dieser Punkt, abgelesen an der linken Maßeinteilung, gibt die Lage an, die der gesuchte Punkt nach Einwirkung des oberen Ueberlaufes auf die P-Linie hat. Das gleiche Verfahren ist anzuwenden, wenn man die Absenkung eines Punktes der P-Linie infolge der Tätigkeit beider Ueberläufe sucht. Man stellt zunächst die Absenkung in der eben geschilderten Weise durch den oberen Ueberlauf fest, geht von diesem Punkte horizontal bis zum linken Zweig der Leistungskurve herüber und von dort wiederum senkrecht bis zu dem rechten Ast, also der ursprünglichen Form der Leistungskurve, herunter. So läßt sich mit Hilfe der Abb. 6 die gesuchte P'- oder P''-Linie für jedes Hochwasser bestimmen. Man ist also in der Lage, Bezugskurven zwischen der P-, P'- und P''-Linie aufzustellen.

Bei der Betrachtung der Abb. 6 drängt sich noch folgender Gedanke auf: Wenn man durch den Punkt H eine senkrechte Linie von der Ueberlaufkrone nach oben zieht, so läßt sich diese Linie, von der Senkrechten durch H ab nach rechts gerechnet, als Leistungskurve zweier Ueberläufe ansehen, die die gesamte Hochwassermenge des Flußlaufes dem Polder zuführen und damit eine Absenkung der Hochwasserlinie bis in die Höhe der unteren Ueberlaufkrone herbeiführen. Die Abszissen dieser Leistungskurve wären also gleich den Abszissen der Leistungskurve des Flußquerschnittes, jedoch nur vom Punkte H aus gemessen. Diese Kurve, die also die gleichen Werte liefert wie der rechte Ast der Leistungskurve des Flußquerschnittes, ist in Abb. 8 als sogenannte „Ideale Leistungskurve der Ueberläufe" aufgetragen.

Wenn es möglich wäre, für diese Kurve der Abb. 8 eine Gleichung nach der Formel

$$Q = \frac{2}{3}\mu \cdot l \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

aufzustellen, so ließe sich aus dieser Gleichung diejenige Ueberlauflänge als Summe der Längen beider Ueberläufe ermitteln, die die Pegellinie P vollständig bis zur Höhe der Ueberlaufkronen absenkt, sodaß also die P''-Linie zwischen den Punkten A und B horizontal verlaufen würde. Die Aufstellung der Gleichung in der angeführten Form ist jedoch nicht möglich, denn Proberechnungen haben ergeben, daß die Länge l bei sehr kleiner Strahlstärke nach Unendlich konvergiert. Trotzdem führt diese Betrachtung aber zu der Feststellung, daß man auf diese Weise vorteilhaft die Summe der beiden Ueberlauflängen festlegen kann. Man hätte also unter Annahme einer bestimmten geringsten Strahlstärke

(z. B. 10 cm) aus Abb. 8 die Summe der Ueberlauflängen zu errechnen.

Dieses Verfahren bietet den Vorteil, daß am Schlusse der Rechnung die Summe der Ueberlauflängen, die Abflußmenge, die von beiden Ueberläufen dem Polder zugeführt wird, und die kleinste Strahlstärke am unteren Ueberlauf eindeutig festliegen. Außerdem kann es noch eine größere Genauigkeit als das auf S. 5 angewandte Verfahren für sich in Anspruch nehmen, da die Leistungskurve des Flußquerschnittes im Gegensatz zu dem ersteren als bestimmender Faktor darin eingeführt ist.

Aus Abb. 6 lassen sich nunmehr noch zwei Absenkungskurven, eine für den oberen, die andere für den unteren Ueberlauf konstruieren (s. Abb. 7). Aus Abb. 7 kann die Absenkung der Pegellinie P infolge der Tätigkeit des oberen und des unteren Ueberlaufes sofort abgelesen werden.

Nachdem die Pegelkurven P' und P'' am 15. November wieder den Pegelnullpunkt erreicht haben, kann das im Polder aufgespeicherte Wasser dem Flußlauf nach Maßgabe seines Abführungsvermögens in einer für die Unterlieger unschädlichen Weise wieder zugeführt werden. Praktisch wird dies so durchgeführt, daß die am unteren Ende des Polders vorhandene Auslaßschleuse geöffnet und das im Polder befindliche Wasser in den Flußlauf abgelassen wird, wobei die Fließmenge durch die Einstellung des Schützes geregelt wird. Dieser Vorgang richtet sich lediglich nach praktischen Gesichtspunkten und ist daher rechnerisch nicht zu erfassen.

Untersuchung II.

(Hauptuntersuchung.)

Für die Untersuchung II wird angenommen, daß der Wasserspiegel im Polder während des Hochwassers bis über die Krone des unteren Ueberlaufes steigt, aber nicht die Krone des oberen Ueberlaufes überschreitet. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß das Wasser wie in der Untersuchung I zunächst über beide Ueberläufe in den Polder strömt. Sobald der Polderwasserspiegel am unteren Ueberlaufe höher liegt als der Flußwasserspiegel an dieser Stelle, tritt ein Rückströmen des Wassers aus dem Polder über den unteren Ueberlauf in den Fluß ein. Da gleichzeitig das Wasser aus dem Flußlauf über den oberen Ueberlauf noch in den Polder einströmt, tritt im Polder eine gewisse Strömung auf, die natürlich bedeutend geringer ist als diejenige im Flußlauf. Der Polderwasserspiegel wird sich daher nicht horizontal, sondern nach einer parabelähnlichen Kurve einstellen (s. Abb. 2).

Bei dem vorliegenden Beispiel zeigt sich, daß die Wassergeschwindigkeit im Polder so gering ist, daß sie praktisch vernachlässigt werden kann.

Die Untersuchung II läßt sich nicht wie Untersuchung I auf ein allgemeines Schema zurückführen, sondern sie ist nur für einen bestimmten Fall möglich. Als Unterlagen für Untersuchung II dienen folgende Kurven:

a) die Leistungskurve des Flußlaufes (Abb. 3, oder rechter Ast der Leistungskurve der Abb. 6).
b) Leistungskurven der Ueberläufe (Abb. 4).
c) Beziehungskurve zwischen dem Wasserstand im Polder und dem Polderinhalt (Abb. 9). Die Kurve ist auf den Pegel P_p im Polder bezogen, dessen Nullpunkt in Höhe der unteren Ueberlaufkrone liegt.
d) Leistungskurve des unteren Ueberlaufes (Abb. 10). Diese ist nach der Grundwehrformel aufgestellt und gilt von dem Zeitpunkt ab, an welchem der Polderwasserspiegel die Krone des unteren Ueberlaufes überschreitet und ein Einströmen in den Polder oder ein Rückströmen aus demselben in den Flußlauf eintritt (s. Abb. 11 a und b).

Da der untere Ueberlauf in einem Winkel zur Fließrichtung des Fluß- oder des Polderwassers liegt, der kleiner ist als 90°, so ist die Geschwindigkeitshöhe k_0 des zufließenden Wassers vernachlässigt, zumal diese selbst für den Flußlauf, in dem sich die größte Geschwindigkeit findet, sehr klein wird.

Während des Hochwassers nimmt der Polder durch beide Ueberläufe zunächst eine bestimmte Wassermenge auf, bis sein Wasserspiegel die Höhe des unteren Ueberlaufes erreicht. Diese Wassermenge ist mit V_0 bezeichnet und soll im vorliegenden Falle 5 000 000 m³ betragen. Sodann steigt der Polderwasserspiegel noch weiter, bis er einen Höchstwert erreicht, um anschließend wieder allmählich abzusinken.

Die Untersuchung II ist zunächst genau wie Fall I durchzuführen. Die Pegellinie P wird durch den oberen Ueberlauf zur Pegel-

linie P' umgeformt. Dieser Pegellinie P' gilt nun die weitere Betrachtung am unteren Ueberlauf.

In Abb. 12 ist die P-Linie und die dazugehörige Q-Linie lediglich zu Vergleichszwecken eingetragen. Man konstruiert also die Q"-Linie und die P"-Linie und ebenso die $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie bis zu dem Zeitpunkt, an welchem die $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie $V_0 = 5\,000\,000$ m³ erreicht (s. Punkt E, Abb. 12.)

Die weitere Durchführung dieser Untersuchung geschieht nun auf graphischem Wege durch Probieren. Zweckmäßigerweise führt man dieses in folgender Art durch (s. Abb. 13).

Da das Wasser zunächst noch weiter in den Polder einströmt, erhöht sich für einen um n Stunden — gewählt ist in diesem Beispiel n = 24 Stunden — für praktische Untersuchungen empfiehlt es sich jedoch, einen bedeutend kleineren Zeitabschnitt zu wählen, — später liegenden Zeitabschnitt die $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie um eine bestimmte Wassermenge. Diese besteht aus der über den oberen Ueberlauf und der über den unteren Ueberlauf einströmenden Fließmenge. Die Fließmenge y_1, die über den oberen Ueberlauf in der Beobachtungszeit einströmt, ist aus der ΣQ_{l_1}-Linie bekannt. Man trägt also y_1 vom Punkte a der $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie nach oben auf und erhält den Punkt d. Dieser so gewonnene Punkt d der $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie bedingt einen ganz bestimmten Wasserstand P_p über der Krone des unteren Ueberlaufes im Polder am Ende der Beobachtungszeit, Punkt e, der nach Abb. 9 zu ermitteln ist und versuchsweise in die Zeichnung eingetragen wird.

Für die Tätigkeit des unteren Ueberlaufes gilt während der Beobachtungszeit ein mittleres p_m welches dargestellt wird durch die mittlere Ordinate der P'-Linie (s. auch Abb. 11 a). Dieses p_m teilt sich in h_m und a_m, sodaß

$$a_m + h_m = p_m$$

ist. a_m wird dargestellt durch die mittlere Ordinate der zunächst versuchsweise ermittelten P_p-Linie. Aus h_m und a_m läßt sich nach Abb. 10 die Fließmenge ermitteln, die während der Beobachtungszeit über den unteren Ueberlauf in den Polder einströmt. Diese Fließmenge in m³/sek. wird umgerechnet in die Gesamtwassermenge, die während der Beobachtungszeit über den unteren Hochwasserüberlauf in den Polder einströmt. Dies geschieht am einfachsten durch die Hilfskurve der Abb. 14.

Diese Gesamtwassermenge, die über den unteren Ueberlauf in der Beobachtungszeit in den Polder einströmt, wird dem zuletzt gewonnenen Punkte d der $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie hinzugefügt. Es ergibt sich der Punkt f. Die $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie wird also berichtigt. Dieser neuen Ordinate der $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie entspricht nunmehr ein neuer Punkt g der P_p-Linie, der gleichfalls zur Berichtigung derselben eingetragen wird. Diese neue P_p-Linie ergibt nunmehr nach diesem zweiten Probieren bei demselben p_m-Wert wie im ersten Rechnungsgang ein anderes a_m und ein anderes h_m.

Mit den neu gewonnenen a_m und h_m Werten wird die Untersuchung wiederholt und zwar so oft, bis man schließlich zu einem Punkte h in der $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie und damit zu einem Punkte i in der P_p-Linie gelangt, bei welchem die über den unteren Ueberlauf während der Beobachtungszeit einströmende Fließmenge, die sich aus p_m, a_m und h_m ergibt, der angenommenen zusätzlichen Ordinate y_3 der $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie entspricht.

Es ist mit anderen Worten bei diesem Verfahren unter Berücksichtigung des über den oberen Ueberlauf einströmenden Wassers derjenige Wasserstand im Polder durch Probieren zu suchen, der dadurch entsteht, daß der gegebene p_m Wert so in a_m und h_m zerlegt wird, daß die unten einströmende Fließmenge eine Polderfüllung verursacht, die den gesuchten Wasserstand im Polder zur Folge hat.

Dieses Verfahren wird zunächst so lange durchgeführt, bis die P_p-Linie die P'-Linie in Abb. 12 schneidet oder, was dasselbe ist, bis die Q"-Linie die Q'-Linie schneidet, bis also der Wasserspiegel im Polder in derselben Höhe wie der Wasserspiegel im Flußlauf liegt. Punkt C_1 liegt senkrecht unter Punkt C. Von diesem Zeitpunkt ab findet ein Ausströmen des Wassers aus dem Polder in den Flußlauf statt.

Während bei dem Einströmen die p_m-Werte durch die Ordinaten der P'-Linie dargestellt wurden, werden beim Ausströmen die p_m-Werte durch die Ordinaten der P_p-Linie dargestellt. Diese Ordinaten der P_p-Linie sind zunächst unbekannt und müssen durch Probieren gefunden werden. Anstelle der beim Einströmen durch die P'-Linie gegebenen p_m-Werte sind beim Ausströmen die a_m-Werte durch die P'-Linie gegeben. Das Probierverfahren kann jetzt in fast derselben Weise wie beim Einströmen angewandt werden (s. Abb. 13).

Zunächst ist wiederum für einen um n Stunden später liegenden Zeitabschnitt die Wassermenge, die über den oberen Ueberlauf dem Polder zufließt, der $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie hinzuzufügen. In Abb. 13 wird diese Wassermenge durch die Ordinate y_2 dargestellt und mit ihrer Hilfe der Punkt 1 der $\Sigma Q_{l_1} + l_2$-Linie gewonnen. Der diesem Punkte 1 entsprechende Punkt m der P_p-Linie wird durch Abb. 9 gewonnen und in die Zeichnung eingetragen. Die mittlere Ordinate dieser so gefundenen P_p-Linie ergibt den Wert p_m. Da a_m durch die mittlere Ordinate der P'-Linie festliegt, ist auch h_m gegeben. Durch diese drei Größen läßt sich die über den Ueberlauf während der

Beobachtungszeit fließende Gesamtwassermenge mit Hilfe der Abb. 10 in Verbindung mit Abb. 14 ermitteln. Da diese Wassermenge aus dem Polder zurückfließt, ist sie in der $\Sigma Q l_1 + l_2$-Linie vom Punkte 1 auch nach unten abzutragen. Nunmehr ist das Verfahren zu wiederholen, bis man einen Punkt n der $\Sigma Q l_1 + l_2$-Linie und damit einen Punkt o der P_p-Linie gewonnen hat, wobei die durch o gegebenen p_m, h_m und a_m-Werte eine Fließmenge liefern, die während der Beobachtungszeit derjenigen Wassermenge gleich ist, die durch die Ordinate y_4 der $\Sigma Q l_1 + l_2$-Linie dargestellt wird.

An dem Zeitpunkt, an dem die P-Linie und damit auch die P'-Linie bis unterhalb der Ueberlaufkrone sinken, werden die a_m-Werte gleich 0. Der untere Ueberlauf wirkt dann wieder als freier Ueberfall.

Die endgültig gewonnenen Ueberlaufmengen in m³/sek. werden nun von der Q'-Linie abgezogen oder ihr hinzugefügt, je nachdem, ob es sich um Einströmen oder Ausströmen handelt. Aus der dadurch gewonnenen Q"-Linie läßt sich wieder rückläufig die gesuchte P"-Linie, also die durch die Tätigkeit beider Ueberläufe abgesenkte, am Ende des unteren Ueberlaufes auftretende ursprüngliche Pegellinie P mit Hilfe der Leistungskurve des Flußquerschnittes, Abb. 3, konstruieren.

Die $\Sigma Q l_1 + l_2$-Linie steigt zunächst bedeutend stärker an als die $\Sigma Q l_1$-Linie, bis sie ein Maximum erreicht, um von dort wieder bis zur Ordinate $V_0 = 5\,000\,000$ m³ abzufallen.

Während in Untersuchung I die Tätigkeit beider Ueberläufe nur zwischen den Punkten A und B stattfand, erstreckt sich bei Untersuchung II die Tätigkeit des oberen Ueberlaufes gleichfalls zwischen den Punkten A und B, während die Tätigkeit des unteren Ueberlaufes zwischen den Punkten A und F andauert. Dadurch wird der Punkt B nach B_1 verschoben.

Im Punkte C beginnt das Ausströmen über den unteren Ueberlauf aus dem Polder, doch ist die ausströmende Fließmenge immer noch kleiner als die Fließmenge, die durch den oberen Ueberlauf in den Polder einströmt, d. h. also, die P_p-Linie und die $\Sigma Q l_1 + l_2$-Linie steigen noch weiter an. Erst in dem Augenblick, in dem die P"-Linie die ursprüngliche Pegellinie P im Punkte D schneidet, strömt über den unteren Ueberlauf mehr Wasser in den Flußlauf zurück, als über den oberen Ueberlauf in den Polder einströmt, d. h. die $Q l_1 + l_2$-Linie schneidet die Abszissenachse.

Punkt D_1 und D_2 müssen auch auf einer Senkrechten liegen. Die von der $Q l_1 + l_2$-Linie begrenzte Fläche besteht aus f_1, f_2 und f_3. Hierbei ist $f_1 = V_0 = 5\,000\,000$ m³ = der Wassermenge, die bis zur Höhe des unteren Ueberlaufes von dem Polder gefaßt werden kann. Alles Wasser, das nach diesem Zeitpunkt in den Polder einströmt, muß aus ihm wieder ausströmen, d. h. also, f_2 muß = f_3 sein. Hierdurch ist eine Kontrolle des angewandten Verfahrens möglich, wenngleich es für Untersuchung II ebenso wie für Untersuchung I nicht notwendig ist, die $Q l_1$ und $Q l_1 + l_2$-Linie besonders aufzutragen.

Das Ausströmen und damit die Tätigkeit des unteren Ueberlaufes dauert bis zu dem Punkte F bezw. F_1 an.

Die Untersuchungen lassen sich auch auf rein analytischem Wege anstellen. In dem Aufsatz von Baurat Wolf, Weimar: „Der Einfluß einer gefüllten Talsperre auf die Hochwasserwellen", Zentralblatt der Bauverwaltung, No. 33/34 vom 25. 4. 23, der eine Erweiterung der Abhandlung von Baurat Liczewski, Elbing: „Veränderung der Hochwasserwellen durch natürliche oder künstliche Seeflächen", Zentralblatt der Bauverwaltung, No. 68 vom 19. 8. 22, ist, wird die Hochwasserwelle in die Form einer Gleichung 2. Grades gebracht. Da außerdem die Gleichungen „Zufluß = Aufspeicherung im Becken + Abfluß" für das anschwellende und „Abfluß = Zufluß + Aufspeicherung im Becken" für das abschwellende Hochwasser gelten, läßt sich mit Hilfe von Integralen und der Methode der kleinsten Quadrate die Aufgabe lösen.

Wenn der Wasserspiegel im Polder während des Hochwassers nicht allein die Krone des unteren, sondern auch die Krone des oberen Ueberlaufes übersteigt, ist das oben geschilderte graphische Verfahren nicht mehr anwendbar, da die Proberechnungen, die dort nur für den unteren Ueberlauf anzustellen sind, nunmehr für beide Ueberläufe vorzunehmen wären.

In diesem Falle würde außerdem die Wassergeschwindigkeit im Polder auch einen Einfluß auf die Tätigkeit der Ueberläufe ausüben. Beim Ausströmen des Wassers aus dem Polder würden beide Ueberläufe in Wirkung treten, sodaß ein Abfließen des Polderwassers nach zwei Richtungen hin stattfindet. Die Einwirkung des Polders auf die Wasserstände im Flußlauf würde daher bedeutend mehr von den Beiwerten, Rauhigkeitswert, Einschnürungsziffer usw. abhängig sein als bei den Untersuchungen I und II. Es scheint daher nicht angängig, auch diesen Fall nur mit den zur Verfügung stehenden hydraulischen Formeln auszuwerten, ohne vorerst genauere Untersuchungen über die Bewegung des Wassers im Polder selber anzustellen.

Untersuchung III.

Wie bereits oben erwähnt, sind Ueberlaufpolder zum Teil auch mit Einlaßschleusen ausgestattet, die den Zweck haben, die einzulassende Wassermenge zu vergrößern und das Einlassen von Hochwasser zu Bewässerungszwecken zu ermöglichen, wenn der Hochwasserstand die Ueberlaufhöhe nicht erreicht. Der letztere Fall kann für die vorliegende Betrachtung außer Acht bleiben, denn eine Einwirkung auf die Hochwasserstände im Wasserlauf findet dann praktisch nicht statt und ist auch nicht beabsichtigt. Im ersteren Falle bedarf die Einwirkung der Einlaßschleuse jedoch einer besonderen Untersuchung.

Je nachdem, ob die Schleuse am oberen oder unteren Ende des oberen Ueberlaufes angeordnet ist, übt sie ihre Wirkung entweder auf die P-Linie oder auf die P'-Linie aus.

Die Bedienungsart der Schleuse richtet sich nach dem Einzelfalle. In jedem Falle soll sie jedoch erst dann geöffnet werden, wenn der feste Ueberlauf überströmt zu werden beginnt. Dann aber ist zu unterscheiden, ob sie sofort ganz oder zunächst nur teilweise geöffnet wird und die Oeffnung mit weiter ansteigendem Hochwasser vergrößert wird, bis sie bei höchstem Hochwasserstande gänzlich frei ist. Technisch muß die Einrichtung so getroffen sein, daß die Verschlußvorrichtung bis über den höchsten Hochwasserstand hinaufgezogen werden kann (versenkbare Verschlußvorrichtungen dürften kaum in Frage kommen). Der Fachbaum liegt gewöhnlich in Geländehöhe.

Die Leistungsfähigkeit der Schleuse ist abhängig von ihrer Lichtweite, dem Außenwasserstande (Flußwasserstand) und dem Binnenwasserstand (Polderwassertand). Der Außenwasserstand ist aus der P-Linie (oder P'-Linie) gegeben, der Binnenwasserstand jedoch unbekannt.

Streng genommen müßte der Polderwasserstand in ähnlicher Weise durch Proberechnungen wie in Untersuchung II gefunden werden. Ein Probieren mittels der a_m und h_m Werte müßte einerseits für die Schleuse, andererseits für den unteren Ueberlauf durchgeführt werden. Hierdurch würde ein sehr verwickelter Rechnungsgang entstehen, sodaß es zweckmäßig erscheint, für die Schleusenberechnung vereinfachende Voraussetzungen zu treffen.

Die meisten in der Praxis vorhandenen Polder sind langgestreckt und liegen am oberen Ende gewöhnlich so hoch, daß sich bei der Tätigkeit des oberen Ueberlaufes oder der Schleuse im oberen Teile ein regelmäßiger Fließvorgang ausbilden kann, der auch bei dem Ausströmen des Polderwassers über den unteren Ueberlauf nicht beeinträchtigt wird. Ein Einfluß der Tätigkeit des unteren Ueberlaufes auf den Wasserspiegel im Polder am oberen Ende desselben findet daher meistens nur in geringem Maße statt, sodaß es angängig erscheint, ihn ganz zu vernachlässigen. Bei der Schleusenuntersuchung soll daher eine Beeinflussung des Polderwasserspiegels durch die Tätigkeit des unteren Ueberlaufes ausgeschlossen sein.

Die Schleuse, deren Fachbaum in Geländehöhe, d. i. im vorliegenden Falle 1,60 m unter der Ueberlaufkrone 1 liegt, hat eine lichte Weite von 3,00 m. Sie liegt am oberen Ende des oberen Ueberlaufes. Ihre Einwirkung ist abhängig von der für die Bedienung gültigen Betriebsvorschrift. Die Bedienung soll in der Weise vor sich gehen, daß, wenn der Flußwasserstand die Ueberlaufkrone erreicht hat, das Schütz um 0,20 m angehoben wird. Bei einem Flußwasserstand von 0,20 m über Ueberlaufkrone wird das Schütz um weitere 0,20 m angehoben, und wenn der Flußwasserstand 0,40 m über Ueberlaufkrone erreicht hat, vollständig hochgezogen (s. Stellung 1, 2 und 3, Abb. 17).

Die Leistungskurve der Einlaßschleuse ist in Abb. 16 nach der Grundwehrformel bezw. nach der Formel für den Durchfluß durch eine Oeffnung aufgetragen. Abb. 15 stellt die Polderinhaltskurve dar.

Die P-Linie wird durch die Tätigkeit der Schleuse zur P_1-Linie und diese wiederum durch die Tätigkeit des oberen Ueberlaufes zur P'-Linie abgeflacht. Die durch die Schleusenöffnung fließende Durchflußmenge, für die ein h_1 gilt, welches durch die mittlere Ordinate der P-Linie dargestellt wird, ist aus Abb. 16 bei den entsprechenden Kurven abzulesen. Solange der Polderwasserspiegel noch nicht die Höhe des Schleusenfachbaums erreicht hat, sind die a-Werte mit 0 anzusetzen. Die so gewonnenen Durchflußmengen werden von der Q-Linie der Abb. 17 abgesetzt. Es ergibt sich die Q_1-Linie und hieraus die P_1-Linie. Gleichzeitig bilden diese Durchflußmengen die Qs-Linie. Von der P_1-Linie wird nach dem Verfahren der Untersuchung I die Q'-Linie und damit die P'-Linie gebildet, ferner die $Qs + l_1$-Linie. Ebenso wird die $\Sigma Qs + l_1$-Linie und die sich daraus mittels der Polderinhaltskurve (Abb. 15) ergebende P_p-Linie in die Zeichnung eingetragen.

Von dem Zeitpunkt an, an welchem der Polderwasserspiegel die Fachbaumhöhe der Schleuse erreicht, Punkt C, sind bei der Wirkungsweise der Schleuse auch die a-Werte in Rechnung zu setzen. Da diese zunächst unbekannt sind, muß wieder ein

Probierverfahren, ähnlich wie in der Untersuchung II, angewandt werden. Die für die Schleusentätigkeit zur Verfügung stehende Druckhöhe h_1, dargestellt durch die mittleren Ordinaten der P-Linie, ist so in a und h zu zerlegen, daß bei gleichzeitiger Berücksichtigung der nachfolgend über den oberen Ueberlauf in den Polder strömenden Wassermenge im Polder ein Wasserstand erreicht wird, der gleich dem angenommenen a-Wert ist. Die Zerlegung von h_1 in a und h ist also zunächst anzunehmen, mit den angenommenen Werten die Rechnung durchzuführen und der sich daraus ergebende Polderwasserstand zu ermitteln. Entspricht dieser dem angenommenen a-Wert, so war die angenommene Teilung von h_1 in h und a richtig. Andernfalls muß die Rechnung ein zweites und drittes Mal wiederholt werden. Die Konstruktion der Q_1-, Q'-, Q_s-, $Q_s + l_1$-, P_1-, und P'-Linien geht dann in der bekannten Weise vor sich. Am 11. Nov. 19 . . erreichen die P_1- und P'-Linie die Ueberlaufkrone. Das bedeutet, daß alles Wasser, welches von diesem Tage ab noch oberhalb der Ueberlaufkrone 1 im Flußlauf fließt, lediglich durch die Schleuse dem Polder zugeführt wird, der obere Ueberlauf also seine Tätigkeit eingestellt hat. Von diesem Zeitpunkt ab fällt daher die P'-Linie mit der P_1-Linie zusammen. Wenn der Flußwasserstand, P-Linie, wieder bis zur Ueberlaufkrone gefallen ist, Punkt B, wird die Schleuse geschlossen. Dieses Schließen soll allmählich während des Ablaufes von einem Tage geschehen. Die P_1- bezw. P'-Linie steigt daher vom 15. auf 16. November bis zur P-Linie wieder an und fällt von dieser Zeit an mit der letzteren zusammen.

Aus der Untersuchung III wird ersichtlich, welch großen Einfluß die Schleuse auszuüben vermag. Die Tätigkeit des oberen Ueberlaufes, die sich ohne Schleuse zwischen dem 3. und 15. Nov. erstrecken würde, erstreckt sich nunmehr nur zwischen dem 3. und 11. November. Auch liegt die Spitze der P'-Linie ungefähr um die Hälfte tiefer als in der Untersuchung I und II.

Wenn die Schleuse am unteren Ende des Ueberlaufes 1 liegt, werden die für sie geltenden Druckhöhen durch die mittleren Ordinaten der P'-Linie dargestellt. Das Verfahren bleibt im übrigen dasselbe, das Probieren mit den a- und h-Werten vereinfacht sich etwas, da die vom Ueberlauf gelieferte Wassermenge und der dadurch verursachte Wasserstand im Polder eindeutig festliegen und nicht eine Funktion der durch Probieren zu findenden Schleusentätigkeit sind, wie dieses bei der Untersuchung III der Fall war.

Untersuchung IV.

Untersuchung IV soll sich auf einen unten offenen Ueberlaufpolder beziehen (s. Abb. 18). Der Flußdeich schließt also nicht an hochwasserfreies Gelände oder an den Flußdeich unterhalb des Polders an, oder aber der Polderdeich oder das hochwasserfreie Gelände reicht nicht bis an den Flußdeich heran. In diesem Falle ist die so entstehende Deichlücke als großer unterer Ueberlauf anzusehen, dessen Krone in Geländehöhe liegt. Die Kronen der beiden Ueberläufe liegen dann nicht mehr in einer Gefällslinie parallel zum Flußwasserspiegel.

In dem gewählten Beispiel soll die Deichlücke 200 m betragen, das Gelände (Ueberlaufkrone) soll in der gleichen Höhe wie das Vorland des Flußlaufes liegen.

Es soll versucht werden, diese Untersuchung auf die Hauptuntersuchung zurückzuführen. Es wird also zunächst die Leistungskurve des unteren Ueberlaufes nach der Formel für das Grundwehr gezeichnet. Sie hat dieselbe Form wie Abb. 10, jedoch mit anderen Dimensionen. Die Leistungen des jetzigen unteren Ueberlaufes sind natürlich ganz bedeutend größer als diejenigen des unteren Ueberlaufes der Hauptuntersuchung.

Die Untersuchung IV ist in Abb. 20 durchgeführt. Man beachte, daß in dieser Abbildung andere Maßstäbe gewählt sind als in der Hauptuntersuchung, und daß ferner zur besseren Verdeutlichung der Wirkungsweise die Pegelkurve P vor dem 3. November 19 . . etwas abgeändert ist.

Die Wirkung des unteren Hochwasserüberlaufes beginnt nun bedeutend früher als diejenige des oberen Ueberlaufes, nämlich bereits am 26. Oktober 19 . ., d. h. an dem Zeitpunkt, an dem die P-Linie die Krone des unteren Ueberlaufes übersteigt. Die Krone des unteren Ueberlaufes soll wiederum als Nullpunkt des Pegels P" angesehen werden.

Nunmehr wird mit der Untersuchung am 26. Oktober 19 . . genau in derselben Weise wie bei der Hauptuntersuchung begonnen. Nachdem die a_m und h_m Werte durch Probieren ermittelt sind, wird die Q"-Linie konstruiert. Hierbei zeigt sich jedoch, daß über den unteren Ueberlauf in dem gewählten Zeitintervall bedeutend mehr Wasser in den Polder geflossen ist, als überhaupt im Flußlauf oberhalb der Ueberlaufkrone vorhanden ist. Auch die Wahl eines viel kleineren Zeitintervalls zeitigt dasselbe Ergebnis.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß Untersuchung IV nicht wie die Hauptuntersuchung durchgeführt werden kann. Der Grund hierfür ist in der verhältnismäßig großen Leistungsfähigkeit des unteren Ueberlaufes zu finden.

Die oberhalb der unteren Ueberlaufkrone im Flusse auftretenden Wasserstände verursachen ein Einströmen in den Polder, bis der Polderwasserspiegel eine solche Höhe erreicht hat, daß er dem Flußwasserspiegel gleich ist, mit anderen Worten, bis eine Ausspiegelung stattgefunden hat. Bei der zu Grunde gelegten Pegelkurve P kann also die Leistungsfähigkeit des unteren Ueberlaufes nicht voll ausgenutzt werden. Die überströmende Wassermenge ist vielmehr und nur abhängig von der Abgabefähigkeit des Flußlaufes. Bei der großen Ueberlauflänge geht die Ausspiegelung zwischen Polder und Flußwasserspiegel am unteren Ueberlauf natürlich sehr schnell vor sich.

Bei der Untersuchung IV ist daher diejenige Wasserspiegelhöhe für jeden einzelnen Tag am unteren Ueberlauf zu suchen, bei der eine Ausspiegelung zwischen Polder und Flußwasserspiegel stattfindet. Praktisch wird hierbei folgendes Probierverfahren angewandt:

Von dem im Flußlauf oberhalb der unteren Ueberlaufkrone fließenden Wasser muß eine bestimmte Menge an den Polder abgegeben werden. Diese Abflußmenge verursacht ein Steigen des Polderwasserspiegels und ein Absinken des Flußwasserspiegels. Sie wird zunächst angenommen in m^3/sek. Um die Erhöhung des Polderwasserspiegels, die hierdurch entsteht, feststellen zu können, wird diese Abflußmenge mittels der Hilfskurve der Abb. 10 in m^3 umgerechnet. Die nunmehr gewonnene Erhöhung des Polderwasserspiegels, abgelesen aus der Polderinhaltskurve der Abb. 19, muß gleich der Absenkung sein, die durch das Abströmen der in m^3 angenommenen Abflußmenge im Flußlauf verursacht wird. Dieses Verfahren, welches mit Hilfe der Polderinhaltskurve, Abb. 19, der Q-Linie und der Hilfskurve durchgeführt wird, ist verhältnismäßig einfach. Es wird in Abb. 20 in der geschilderten Weise bis zum 3. Nov. 19 . ., d. h. bis zu dem Zeitpunkt, an welchem auch die Tätigkeit des oberen Ueberlaufes beginnt, durchgeführt. Vom 3. Nov. 19 . . ab ist noch die Wassermenge zu berücksichtigen, die über den oberen Ueberlauf in den Polder einströmt. Es geschieht dies, indem man bei dem Aufsuchen des Polderwasserspiegels in der Polderinhaltskurve Abb. 19 auch die über den oberen Ueberlauf fließende Wassermenge, die aus der ΣQ_1-Linie zu entnehmen ist, mit in Rechnung setzt.

Die Untersuchung ist natürlich vom 3. Nov. 19 . . ab für die P'-Linie anzustellen.

Das Verfahren wird nun bis zu dem Zeitpunkt durchgeführt, an welchem die P_p-Linie, die hier gleich der P''-Linie sein muß, die P'-Linie schneidet. In Untersuchung IV ist dies zwischen dem 6. und 7. November 19 . . im Punkte D der Fall. Von diesem Zeitpunkt an muß nun am unteren Ueberlauf ein Rückströmen aus dem Polder in den Flußlauf erfolgen.

Dieser Vorgang wird in 2 Abschnitte zerlegt.

1) Zunächst findet wieder wie bei dem Einströmen am unteren Ueberlauf ein Ausspiegeln zwischen dem Polderwasserspiegel und dem Flußwasserspiegel statt. Die Ausspiegelung geschieht so, daß sich der Polderwasserspiegel senkt, während sich der Flußwasserspiegel um das gleiche Maß erhöht.

2) Außerdem fließt über den unteren Ueberlauf noch diejenige Wassermenge in den Flußlauf zurück, die während des gleichen Zeitabschnittes durch den oberen Ueberlauf dem Polder zufließt. Sie gleitet gewissermaßen über den Polderwasserspiegel hinweg. Diese letztgenannten Wassermengen sind durch die Q_{l_1}-Linie bezw. ΣQ_{l_1}-Linie gegeben.

Das Rückströmen aus dem Polder beginnt im Punkte D. Derjenige Flußwasserstand, der sich infolge des Ausspiegelns zwischen Polder und Flußlauf, also ohne Berücksichtigung der über den oberen Ueberlauf einströmenden Wassermenge ergibt, wird durch die P_2-Linie bezw. die Q_2-Linie der Abb. 20 dargestellt. Seine Feststellung erfolgt durch Probieren in derselben Weise wie beim Einströmen.

Zu der Q_2-Linie sind von nun an noch die Ordinaten der Q_{l_1}-Linie, also die über den oberen Ueberlauf strömenden Zuflußmengen, hinzuzufügen. Es ergibt sich die Q''-Linie und damit die P''-Linie. Vom 15. November, also nach dem Aufhören der Tätigkeit des oberen Ueberlaufes ab, geht wieder die reine Ausspiegelung zwischen Polder- und Flußwasserstand vor sich. Die P_2- und P''-Linie gehen ganz allmählich in die P- und die Q_2- und Q''-Linie in die Q-Linie über.

Aus Abb. 20 ist ersichtlich, daß ein unten offener Polder die Hochwasserlinie wohl um ein geringes Maß verschieben, aber nicht ihre Spitze abflachen kann. Die Hochwasserlinie erleidet, da das Wasser erst den Polder auffüllen muß, bevor es zu Tal fließt, eine gewisse Verzögerung. Ist die Polderauffüllung erreicht, wird die Hochwasserlinie unterhalb des Polders in derselben Form auftreten wie oberhalb, auf keinen Fall aber abgeflacht werden, da ja das im Polder befindliche Wasser gleichzeitig nach einem Abfluß drängt.

Ergebnis.

Die untersuchten Beispiele zeigen, daß es mit den zur Verfügung stehenden hydraulischen Formeln durchaus möglich ist, die Einwirkung eines Ueberlaufpolders auf die Hochwasserstände bedeutend schärfer ermitteln und damit auch beurteilen zu können, als es bisher im allgemeinen üblich war.

Die Höhenlage der Ueberläufe, ihre Längen, das Fassungsvermögen des Polders und die Anwendung einer Einlaßschleuse am oberen Ueberlauf werden natürlich in erster Linie durch die tatsächlichen Verhältnisse bedingt. Ihre Ausbildung muß ferner im Hinblick auf die aufzuspeichernde Hochwassermenge, die sich wiederum nach dem Fassungsvermögen des Polders richtet, getroffen werden. Den unten offenen Polder wird man nur unter kleineren Verhältnissen anwenden können, wenn auf den Aufspeicherungsraum schon bei kleinem Hochwasser nicht verzichtet werden kann. Da er jedoch gleichzeitig keine Abflachung der ursprünglichen Pegelkurve verursacht, ist seine Bedeutung gering. Durch die Anordnung einer Einlaßschleuse am oberen Ueberlauf ist die Möglichkeit gegeben, die Wirkungsweise dieses Ueberlaufes stark zu beeinflussen. Damit wird aber zugleich auch ein Einfluß auf die gesamte Tätigkeit des Polders ausgeübt.

Manchmal wird auch der Fall auftreten, daß der Polderwasserspiegel während des Hochwassers auch die Krone des oberen Ueberlaufes übersteigt und sich bei langandauerndem Hochwasser eine Art Beharrungszustand ausbildet. In diesem Falle wird der Polder ständig durchströmt und wirkt als Umfluter. Die Wasserstände im Flußlauf und Polder sind dann in erster Linie abhängig von den Querschnittsausbildungen, Gefälle und Rauhigkeitswerten beider. Unterhalb des Polders wird sich im Flußlauf dieselbe Pegellinie ausbilden, wie sie oberhalb vorhanden ist, da ja alles Wasser, welches oberhalb im Flußlauf fließt, bei einem Beharrungszustand auch unterhalb des Polders in der gleichen Höhe im Flußlauf auftreten muß, gleichgültig, welche Absenkung auf der Polderstrecke eintritt.

Die gebräuchliche These, daß die Abflachung der Hochwasserwelle durch den oberen und ihre Verschiebung durch den unteren Ueberlauf hervorgerufen wird, erscheint bedenklich, denn alle Untersuchungen haben gezeigt, daß die Wirkungsweisen beider Ueberläufe so eng miteinander verknüpft sind, daß es erst nach genauen Untersuchungen unter Zugrundelegung eines ganz bestimmten Hochwassers ratsam erscheint, beide Ueberläufe miteinander zu vergleichen.

Noch eine Reihe anderer Faktoren, die in den vorliegenden Untersuchungen nicht berücksichtigt werden konnten, müssen gegebenenfalls besonders in Rechnung gezogen werden. Erwähnt seien nur in den Polder einmündende Gräben, starke Niederschläge, besonders unregelmäßige Ausbildung des Polders. Wenn die Wasserfläche des Polders im Verhältnis zu der zu- und abströmenden Wassermenge sehr groß ist, wird es vielfach zweckmäßig sein, das Zurückhaltungsvermögen der Seen mit in Rechnung zu stellen.

Welch starke Einwirkung ein Ueberlaufpolder auf die Wasserstände des Flußlaufes hat, haben bereits die angestellten Untersuchungen gezeigt. Dadurch, daß die Untersuchungen möglichst allgemein gehalten sind, soll dem entwerfenden Ingenieur ein Mittel in die Hand gegeben werden, welches es ihm ermöglicht, die von ihm zu schaffenden Polderbauwerke nach jeder Richtung hin eingehend zu untersuchen, um damit der hohen kulturellen Aufgabe, die der Flußbau ihm stellt, Rechnung tragen zu können.

Lebenslauf.

Als Sohn des Kaufmanns Eduard Panzer wurde ich, Eduard (Edward) Friedrich Max Panzer, am 4. Februar 1902 in Frankfurt a. Main geboren und besuchte dort die Souchay-Mittelschule und die Sachsenhäuser Oberrealschule, an welcher ich im Mai 1919 die Reifeprüfung ablegte.

Nach ¾jähriger Militärdienstzeit im Landesschützenkorps und in der Reichswehr begann ich Ostern 1920 das Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Hochschule Darmstadt. In diese Zeit fällt eine ¾jährige Tätigkeit bei der Firma Philipp Holzmann, A.-G., in Frankfurt a. Main. Im Herbst 1926 legte ich in Darmstadt die Diplom-Hauptprüfung ab.

Von März bis September 1927 war ich als örtlicher Bauleiter der Kanalisation in Pyritz/Pommern für die Firma O. Smreker, Berlin, von Oktober 1927 bis März 1928 als Regierungsbauführer bei dem Bau der Uferschutzmauer auf Helgoland und bei dem Dammbau Dagebüll-Oland-Langeneß tätig.

Schweidnitz, den 22. Februar 1933.

Von April 1928 bis Mai 1929 war ich bei dem Stadtbauamt in Gevelsberg/Westfalen und von Juni 1929 bis Juni 1930 bei der Städtischen Tiefbauverwaltung der Stadt Magdeburg beschäftigt.

Nach kurzer Tätigkeit als Filialleiter der Gewerkschaft Görgey, Bottrop, in Burg bei Magdeburg, war ich anschließend als Entwurfsbearbeiter bei der Provinzialbauabteilung Trachenberg/Schlesien bis Oktober 1931 beschäftigt. Nachdem ich von November 1931 bis Mai 1932 auf dem Ingenieurbüro Unger & Gauert, Schweidnitz, gearbeitet hatte, eröffnete ich im Juni 1932 ein eigenes Ingenieurbüro für alle Zweige des Wasser- und Kulturbaues.

Für die mannigfache Anregung und Unterstützung, die mir bei der Abfassung der vorliegenden Arbeit durch Herr Professor Wechmann zuteil geworden sind, möchte ich an dieser Stelle meinen ergebensten Dank aussprechen.

Schematische Lageplanskizze

(unmaßstäblich)

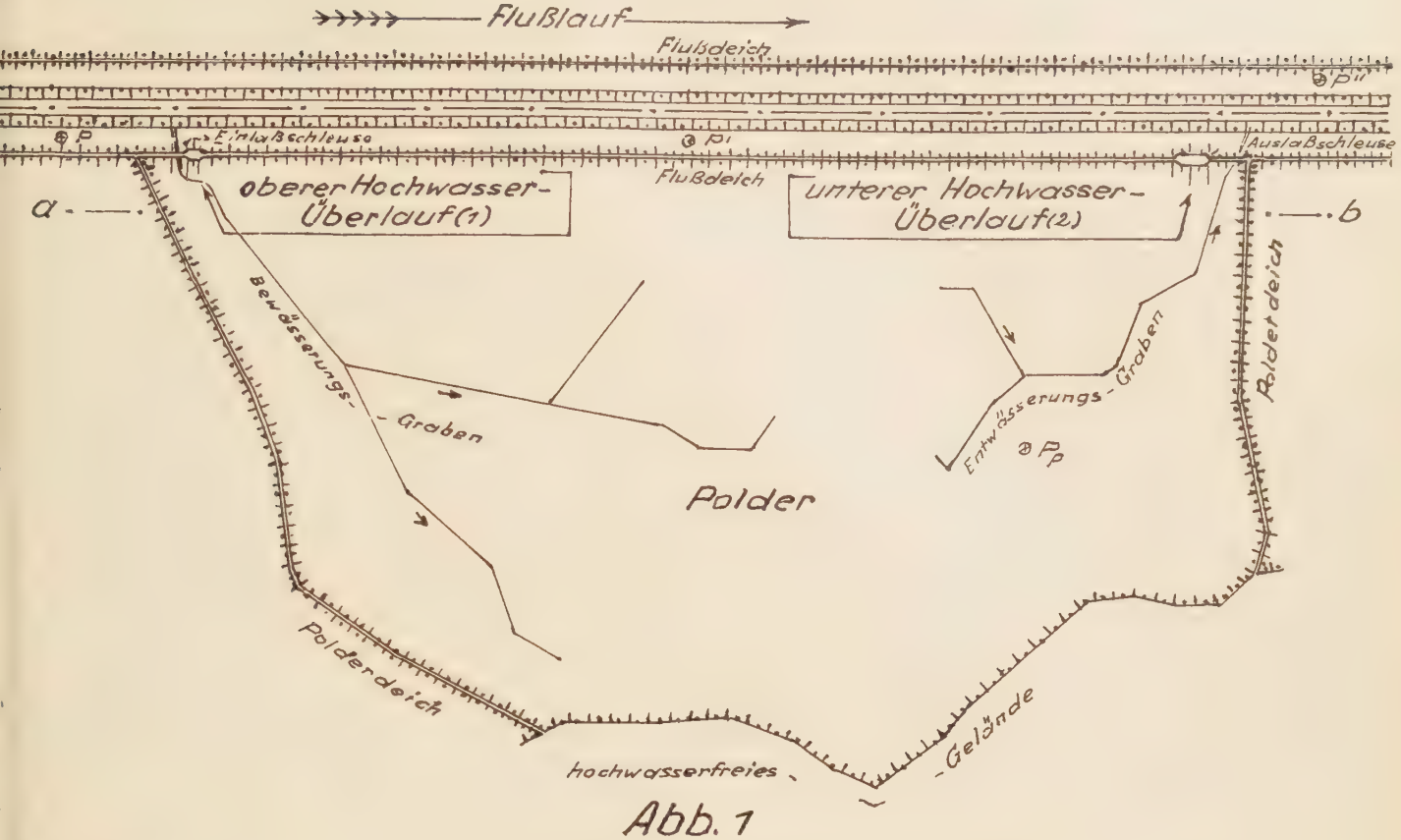


Abb. 1

Schnitt a – b (unmaßstbl.)

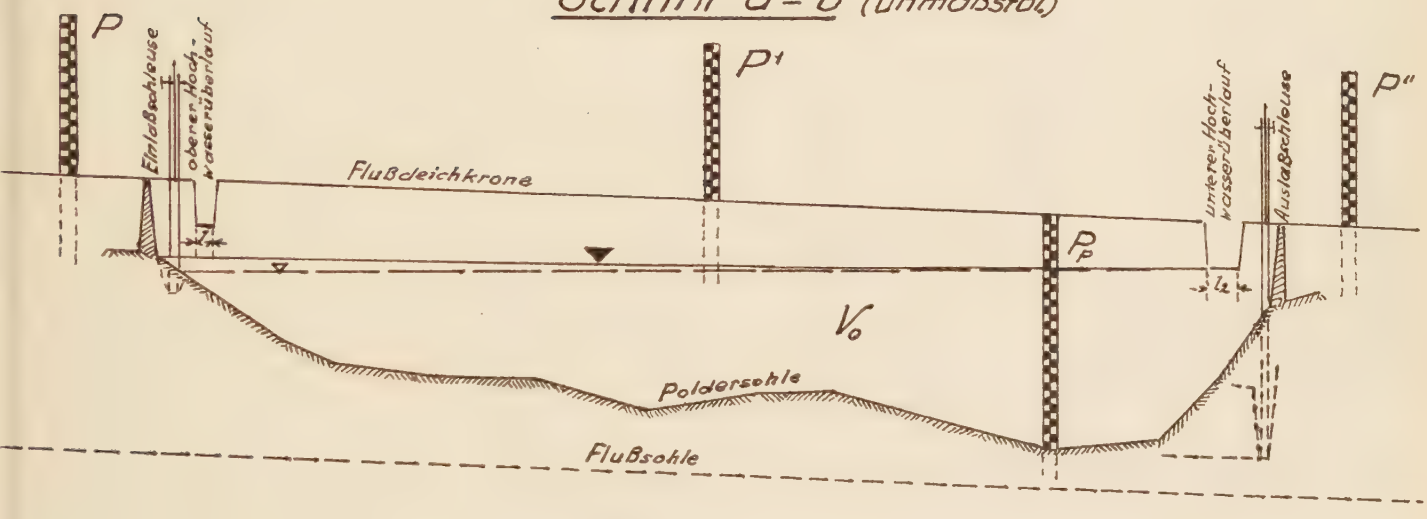


Abb. 2.

Schematischer Querschnitt durch den unteren Überlauf

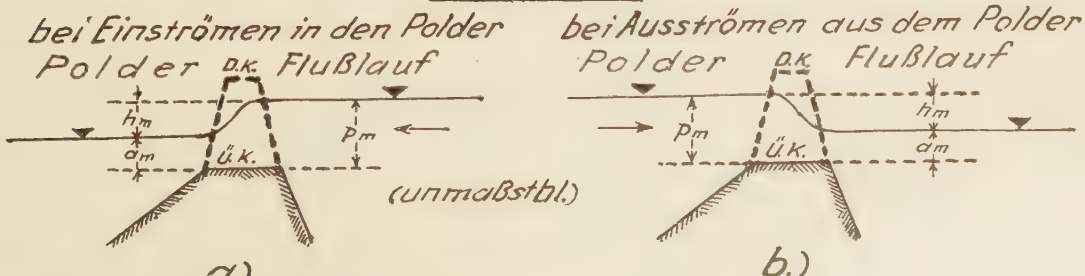


Abb. 11

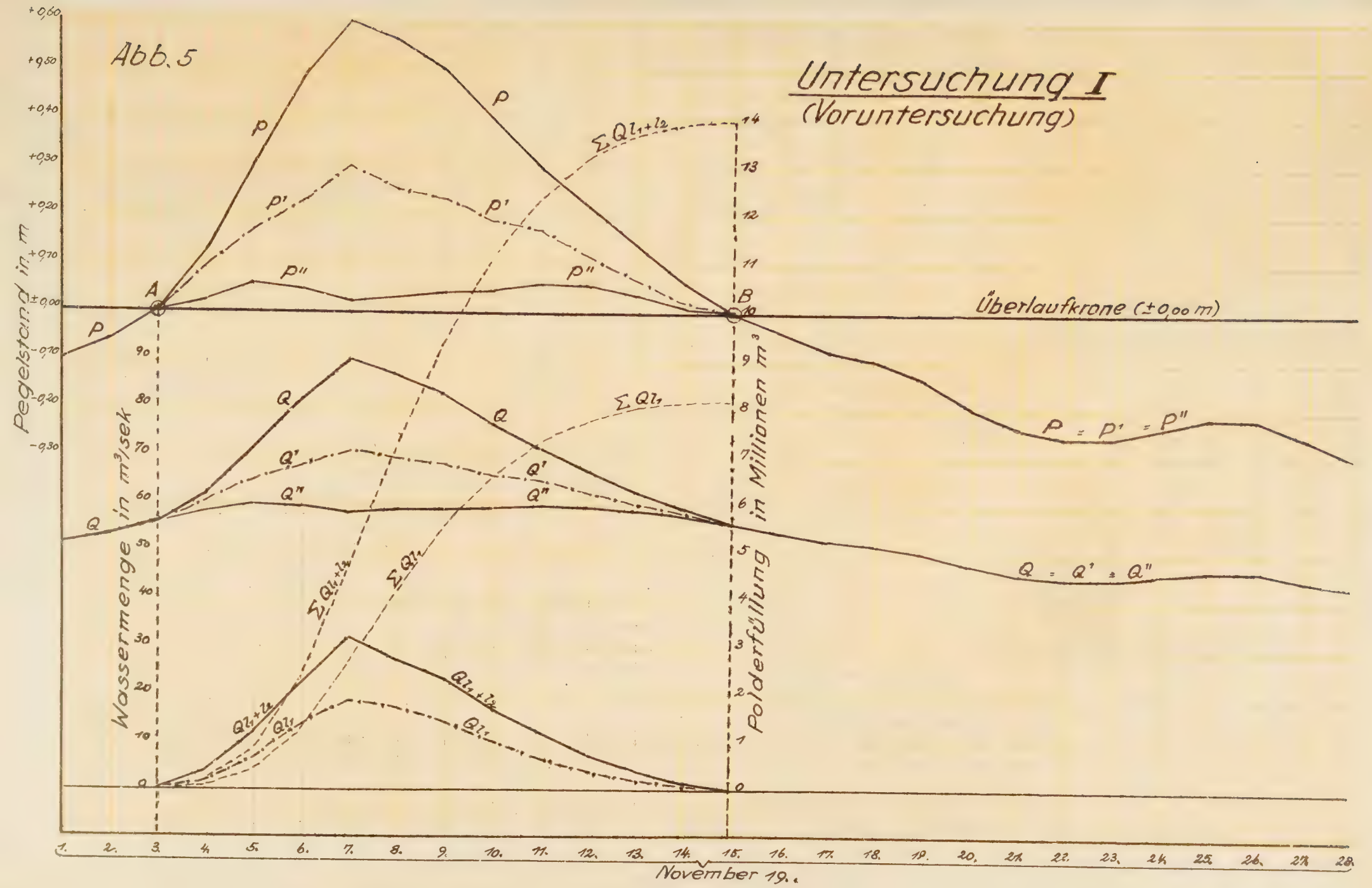


Abb. 5
Untersuchung I
(Voruntersuchung)
Pegelstand P in m
Wassermenge in m³/sek
Polderfüllung in Millionen m³
Überlaufkrone (±0,00 m)
P
P'
P''
Q
Q'
Q''
A
B
P = P' = P''
Q = Q' = Q''
ΣQl₁+l₂
ΣQl₁
Ql₁+l₂
Ql₁
+0,60
+0,50
+0,40
+0,30
+0,20
+0,10
±0,00
-0,10
-0,20
-0,30
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28.
November 19..

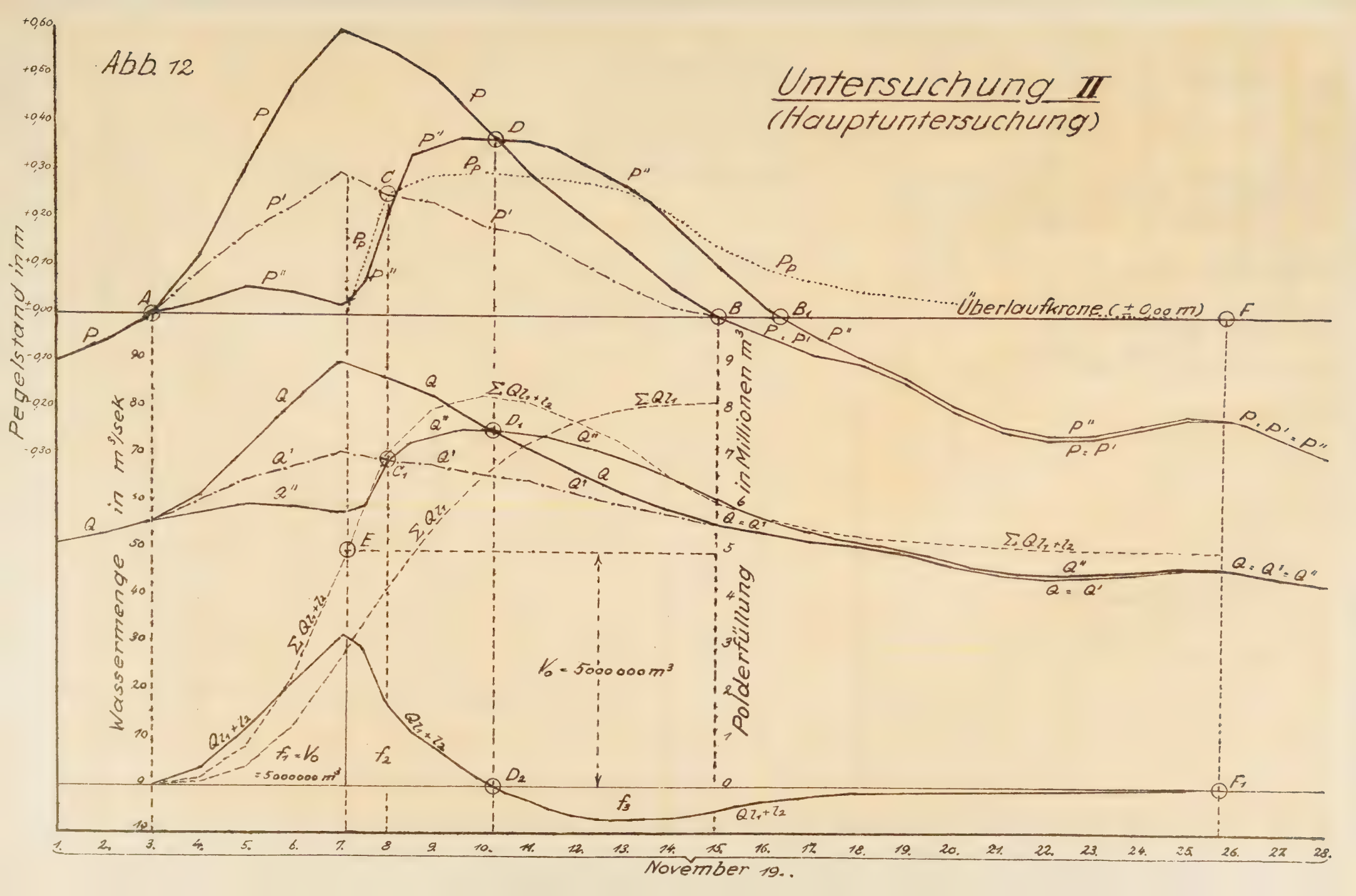
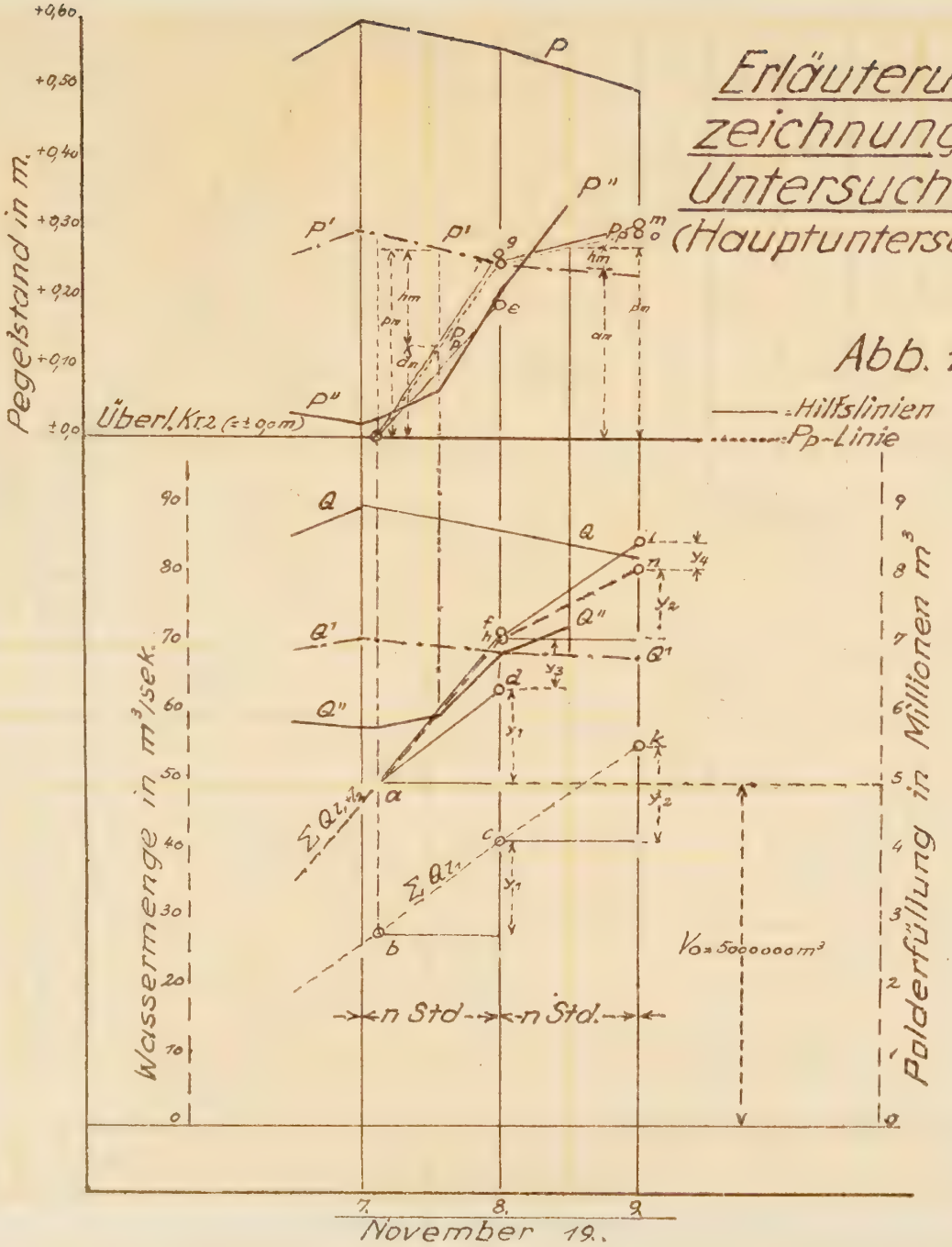


Abb. 12
Untersuchung II
(Hauptuntersuchung)
Pegelstand in m
Wassermenge in m³/sek
in Millionen m³
Polderfüllung
Überlaufkrone (± 0,00 m)
V₀ = 5000000 m³
f₁ = V₀ = 5000000 m³
November 19..

Erläuterungs-zeichnung zur Untersuchung II (Hauptuntersuchung)

Abb. 13



Schematische Lageplanskizze eines unten offenen Polders

(zu Untersuchung IV)
(unmaßstäblich)

Abb. 18

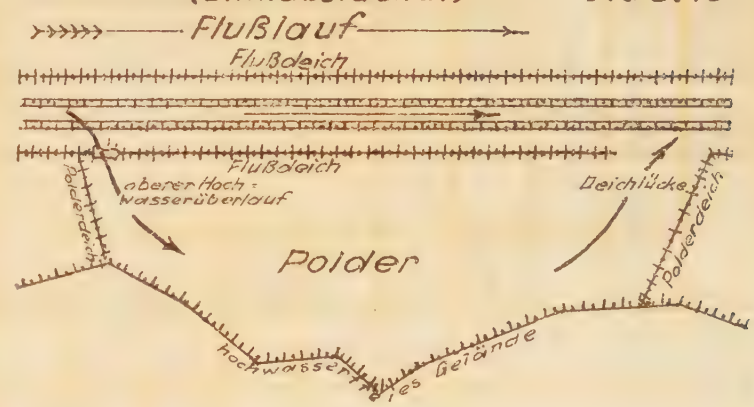
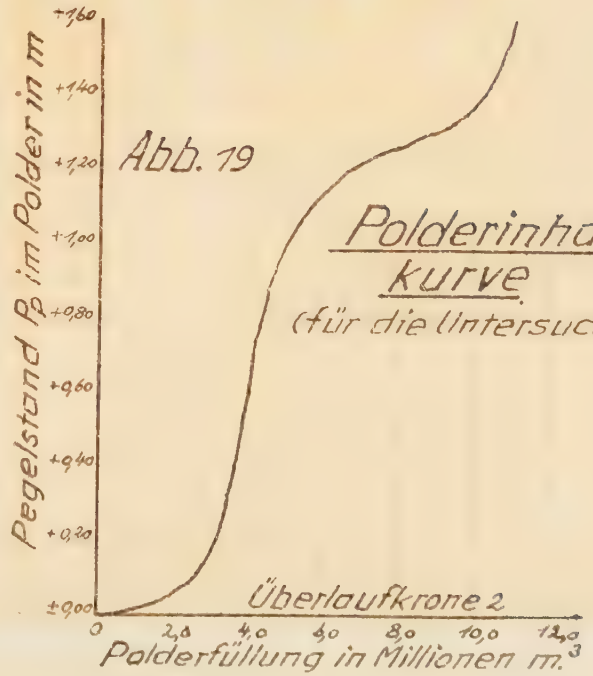


Abb. 19



Polderinhalts-kurve

(für die Untersuchung IV)

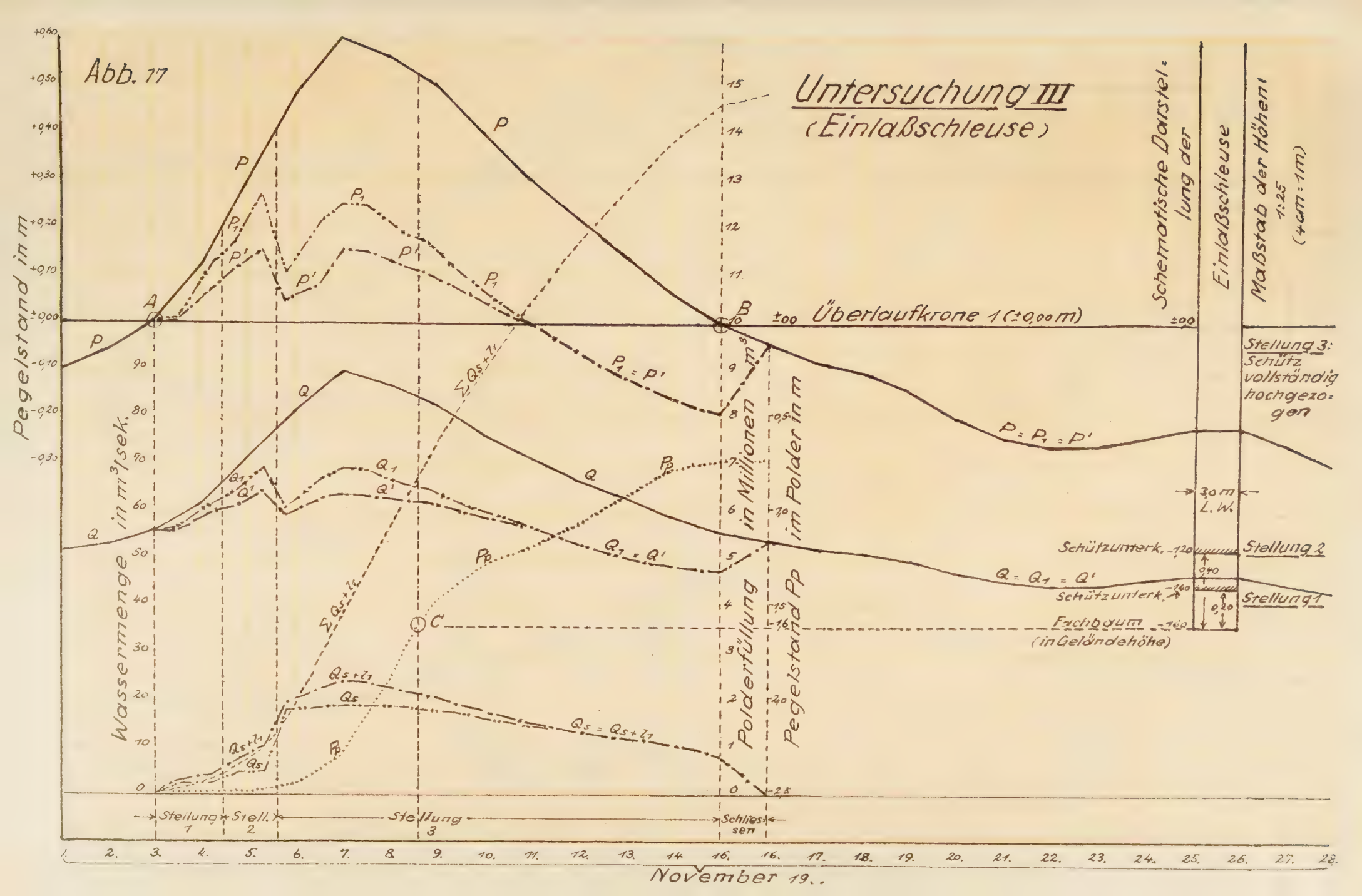


Abb. 17
Untersuchung III
(Einlaßschleuse)
Pegelstand in m
Wassermenge in m³/sek.
Füllung in Millionen m³
Poldervolumen
Pegelstand Pp im Polder in m
Überlaufkrone 1 (±0,00 m)
Schematische Darstellung der Einlaßschleuse
Maßstab der Höhen 1:25 (4 cm = 1 m)
Stellung 3: Schütz vollständig hochgezogen
Stellung 2
Stellung 1
Schützunterk. -1,20
Schützunterk. -1,60
Fachbaum -1,80
(in Geländehöhe)
3,0 m L. W.
0,40
0,20
Stellung 1
Stell. 2
Stellung 3
Schließen
November 19..

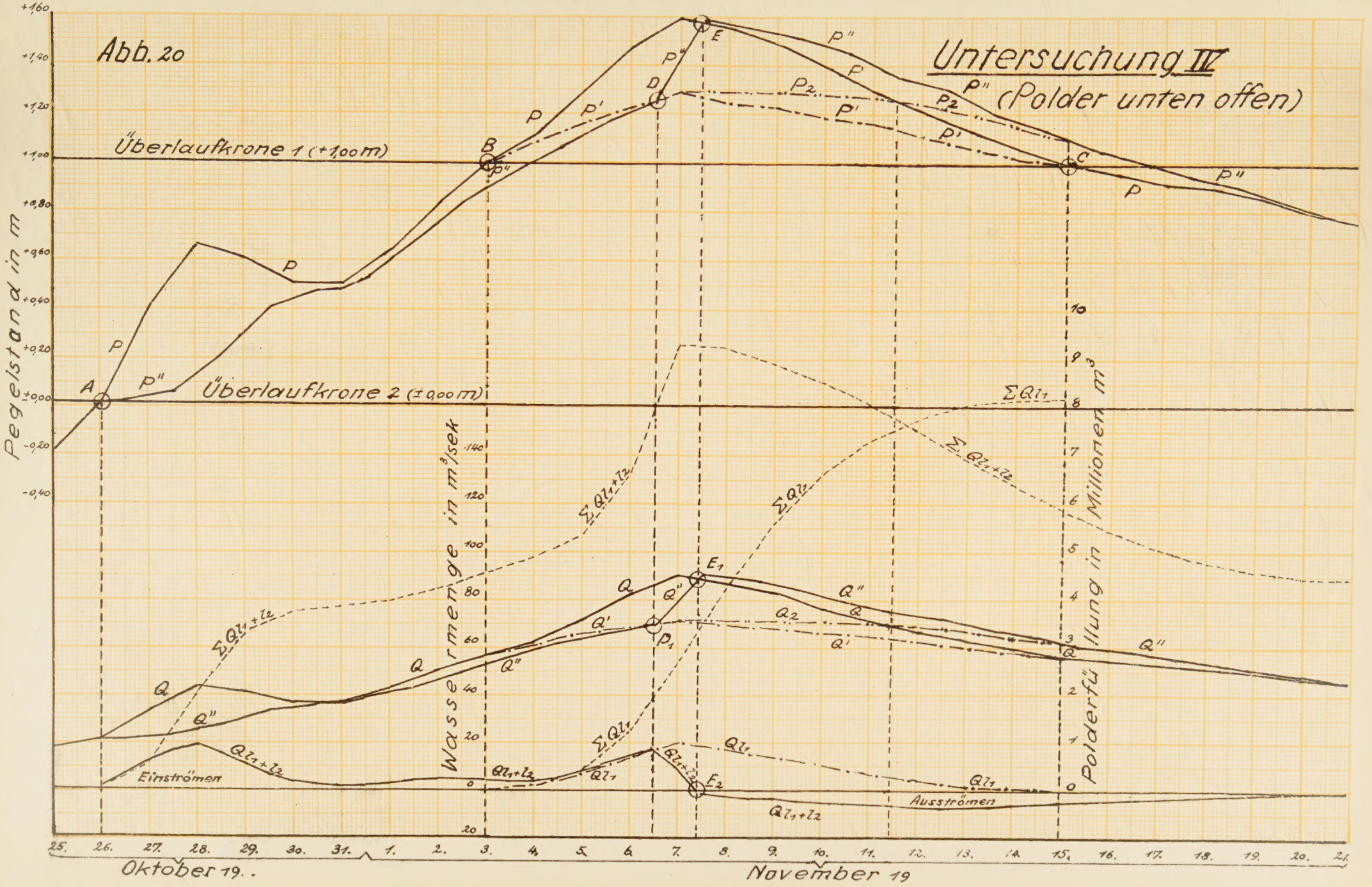
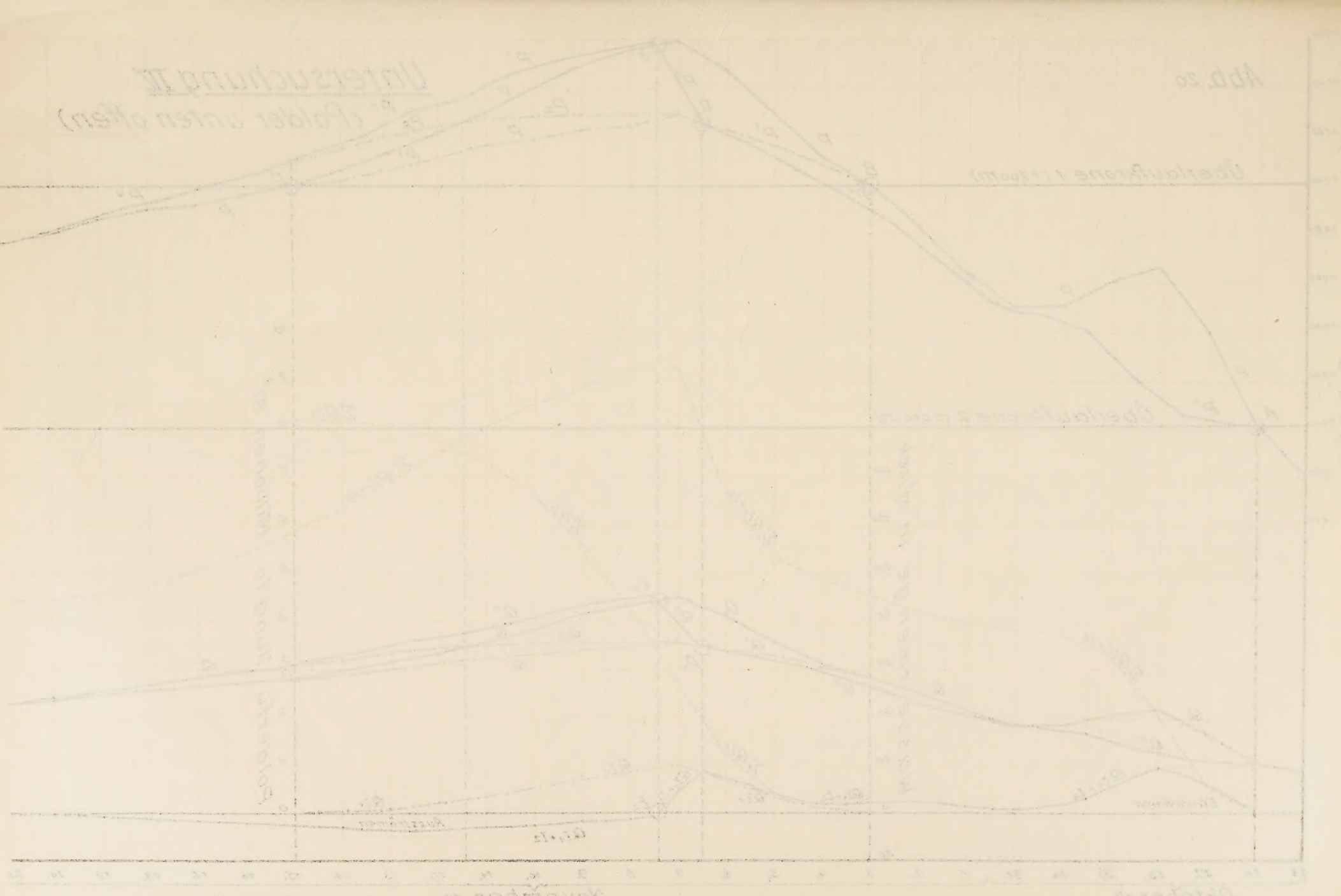


Abb. 20
Untersuchung IV
P'' (Polder unten offen)
Überlaufkrone 1 (+1,00 m)
Überlaufkrone 2 (±0,00 m)
Pegelstand in m
Wassermenge in m³/sek
Polderfüllung in Millionen m³
Einströmen
Ausströmen
Oktober 19.
November 19